

Aspek keselamatan radiasi dalam monitoring aus dan korosi dengan menggunakan TLA (Thin Layer Activation)
(Mochamad Rochili)

ASPEK KESELAMATAN RADIASI DALAM MONITORING AUS DAN KOROSI DENGAN TEKNIK TLA (THIN LAYER ACTIVATION).

MOCHAMAD ROCHILI
PSJMN - SATAN

ABSTRAK

ASPEK KESELAMATAN RADIASI DALAM MONITORING AUS DAN KOROSI DENGAN TEKNIK TLA (THIN LAYER ACTIVATION), secara perhitungan matematis laju dosis radiasi terukur sebesar 0.76 uSV/jam per meter pada bahan baja (Fe) yang dimonitor aus dan korosinya dengan teknik TLA menunjukan kondisi yang aman bagi pekerja dan lingkungan. Laju dosis tersebut jauh lebih kecil dari Nilai Batas Dosis (NBD) yang ditetapkan dalam SK Dirjen BATAN No 031160/DJ/1989 Tentang Ketentuan Umum Proteksi Radiasi. Parameter-parameter yang digunakan sebagai dasar perhitungan adalah besarnya energi partikel proton yang dipercepat, kuat arus dan lamanya waktu iradiasi bahan.

ABSTRACT

RADIATION SAFETY ASPECT IN WEAR AND CORROSION MONITORING BY MEAN OF THIN LAYER ACTIVATION TECHNIQUE. Theoretically, radiation dose of 0.76 uSV/hours of steel under wear and corrosion investigation is safe for operator and its environment that established by the regulation of the head of National Atomic Energy Agency of Indonesia No 031160/DJ/1989. The parameters that used for calculation are energy of accelerated photon particles, current and irradiation time.

PENDAHULUAN

Proteksi radiasi, atau yang sering juga dikenal dengan sebutan keselamatan radiasi bertujuan memberikan perlindungan kepada seseorang ataupun masyarakat dan lingkungan terhadap kemungkinan memperoleh dampak yang merugikan dari pemanfaatan radiasi pengion TLA yang akan ditumbuh kembangkan di Indonesia, adalah salah satu teknik untuk monitoring aus dan korosi pada bahan konstruksi secara online dalam industri kimia, peternakan dan lain lain.

PROSES PERCEPATAN DAN SISTEM KESELAMATAN SIKLOTRON

Komponen pemercepat adalah dua buah elektroda yang berbeda fase 180° dalam beda tegangan bolak-baliknya satu terhadap yang lainnya. Bentuk fisik dari elektroda berupa papan tembaga berbentuk juring yang bersudut 90° dan berongga. Dari arah kedua sisi miringnya ion negatif yang dihasilkan oleh suatu sumber ion akan dipercepat berulang-ulang karena adanya medan listrik bolak-balik di antara dua elektroda. Lintasan gerak ion akan berupa lingkaran karena medan magnet tegak lurus pada bidang elektroda. Radius lingkaran makin lama makin besar karena kecepatannya bertambah ketika dipercepat dari elektroda satu ke elektroda yang

lainnya. Energi ion akhir merupakan akumulasi dari energi saat dipercepat elektroda, yang mencapai maksimum kurang lebih pada radius terbesar dari elektroda.

Kemungkinan pelebaran berkas partikel pada *beam line* dijaga oleh lensa kuadropol, dan penyesatan arahnya oleh *steering magnet*. Guna memungkinkan beberapa posisi target dapat diradiasi dalam waktu yang berlainan, maka *switching magnet* dipasang untuk dapat mengarahkan berkas ke tujuh posisi.

Pengendalian dan pemantauan dilakukan dari konsol pengendali yang terpisah dengan dinding beton tebal 1.9 meter dari pesawat Siklotron. Selain daripada itu untuk keselamatan personel dan peralatan, maka hubungan antara parameter satu dengan lainnya dikaitkan dalam sistem *interlock*. Dengan sistem ini maka bahaya terhadap personel atau peralatan karena kesalahan prosedur operasi atau pemasangan parameter Siklotron misalnya tegangan elektroda yang melampaui batas akan dapat dihindari. Pada proses percepatan maupun iradiasi akan timbul radiasi ke sekeliling. Ada dua macam pemantau radiasi yang ada disekitar pesawat Siklotron yaitu *Beam Spill Monitor* yang akan mendeteksi paparan radiasi gamma yang ditimbulkan akibat iradiasi target. Dengan adanya monitor-monitor tersebut maka personel tidak akan dapat memasuki daerah radiasi tinggi, selain dari

pada itu operator dapat mengambil langkah langkah pengamanan bila terjadi sesuatu yang membahayakan.

ANALISIS KESELAMATAN RADIASI

Oleh karena radiasi sinar γ dapat menimbulkan kerusakan pada sel tubuh, maka petugas yang melakukan monitoring aus dan korosi dengan Teknik TLA harus mengerti tentang dasar-dasar proteksi radiasi agar supaya standar keselamatan radiasi dapat dipenuhi.

Ketentuan umum proteksi radiasi. Dalam SK Dirjen BATAN No 03/160/DJ/1989 telah diatur tentang pembatasan penyinaran dengan cara pembagaian daerah kerja, klasifikasi pekerja radiasi, dan pemeriksaan dan pengujian perlengkapan proteksi radiasi.

Pembagian Daerah Kerja

Daerah pengawasan yaitu daerah yang memungkinkan seorang menerima dosis radiasi kurang dari 15 mSV (1500 mRem) dalam satu tahun dan bebas kontaminasi.

Daerah pengendalian yaitu daerah yang memungkinkan seseorang menerima dosis radiasi 15 mSV atau lebih dalam setahun.

Metoda Perhitungan Dosis

Salah satu besaran penting yang langsung berhubungan dengan dosis radiasi adalah aktivitas sumber. Besaran ini menyatakan kekuatan sumber radiasi dalam bentuk zat radioaktif, yang sebenarnya adalah merupakan jumlah peluruhan yang terjadi di dalam inti persatuan waktu. Satuan International (SI unit) untuk radioaktivitas adalah Bequerel dengan simbol Bq.

1Bq = 1 dps artinya satu atom radioaktif ditransformasikan dengan satuan detik. Sebelum SI digunakan satuan Ci dipakai sebagai satuan aktivitas sumber dimana :

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq (37 GBq)}$$

Persyaratan utama dalam proteksi radiasi apabila seseorang akan bekerja di dalam medan radiasi terlebih dahulu harus mengetahui besarnya laju dosis yang akan terjadi agar dapat bekerja dengan aman.

Menentukan Aktivitas Sumber Setelah Iradiasi

Besarnya aktivitas sumber setelah diiradiasi dapat dihitung berdasarkan Tabel 1. menyajikan rekomendasi material-material iradiasi dan pengukuran aktivitas.

Tabel 1. Rekomendasi material-material iradiasi dan pengukuran aktivitas

Element	Accelerated Particle	Radionuclide measured	Yield Energy (MeV)	Yield Y(kBq/μAh)	Radioactive impurities	Time delay after irradiation	Measured spectrum part. MeV	Possible control duration
Cr	p	52Mn (5.7 d)	11.0	40737	54 Mn	3 d	1.0 - 1.6	20 months
		54Mn (312.3 d)	45.0	240.5	51Cr, 52Mn	40 d	0.84	1 year
Mn	p	54Mn (312.3 d)	22.5	629	51Cr, 55Fe	3 d	0.84	1 year
		56Co (78.5 d)	11	444	57Co	7 d	0.65 - 1.4	7-8 months
Fe	p	58Co+56Co	45	1110+59	57Co, 55Fe	7 d	0.7 - 0.9	7-8 months
		58Co (70.8 d)	22.7	4070	-	7 d	0.81	7-8 months
Co	p	65Zn (244.1 d)	11.0	251.6	-	7 d	1 - 1.2	1 year
		92mNb (10.1 d)	22.4	3885	87.88Y, 89Zr	7 d	0.8 - 1.1	1 month
Zr	p	92mNb (10.1 d)	20.5	469.9	89Zr, 93mMo	7 d	0.8 - 1.1	1 month
		95mTc (61 d)	45.0	111	92mNb, 96Tc	1.5 months	0.5 - 1.0	6-7 months
		95mTc (61 d)	22.4	518	96Tc, 97Tc	1 month	0.5 - 1.0	6-7 months

Aktivitas sumber dapat dihitung dari persamaan :

$$Y = \frac{A \cdot \lambda}{\lambda + \lambda_t} \cdot (1 - e^{-\lambda t}) \quad (1)$$

dimana

Y : Thick target yield

I : Kuat arus iradiasi (μA)

t : Lamanya waktu iradiasi (jam)

λ : Konstanta peluruhan (hari)

A : Aktivitas material yang diiradiasi

Perhitungan laju dosis dapat dilakukan dengan rumus pendekatan

$$H = \frac{ME}{6d} \mu SV/jam \quad (2)$$

dimana :

H : laju dosis ($\mu S/jam$)

M : aktivitas sumber (MBq)

E : energi sumber (Mev)

d : jarak (m)

Sebagai ilustrasi dalam pemakaian persamaan (1) dan (2) sebagai berikut :
Lihat pada Tabel 1.
Bila digunakan bahan Fe sebagai TLA diiradiasi dengan proton (Siklotron) berenergi 11 MeV dengan kuat arus 5 μA selama 1 jam, dari Tabel 1 diperoleh besaran $Y = 444 \text{ kBq}/\mu Ah$ dan waktu paruhnya untuk Co 56 adalah 78.5 hari dan keluaran energinya 0.65-1.4 Mev.

$$444 = \frac{A \cdot 0.693/78.5 \times 24}{5 (1 - e^{-0.63/78.5 \times 24 \times 1})} \quad (1)$$

$$444 = \frac{3.68 \cdot 10^{-4} A}{5 - 5 e^{-3.67 \cdot 10^{-4}}}$$

$$444 = \frac{3.68 \cdot 10^{-4} A}{5 - 4.998}$$

$$444 = \frac{3.68 \cdot 10^{-4} A}{18 \cdot 10^{-4}}$$

$$A = 2220 \text{ kBq} = 2,22 \text{ MBq}$$

Bila harga harga tersebut kita substitusikan ke persamaan (2) maka laju dosisnya pada jarak 1 meter adalah :

$$H = \frac{2.22 (0.65 + 1.4)}{6 \times 1^2} \mu SV/jam$$

$$H = 0,76 \mu SV/jam$$

Cara mengurangi terimaan dosis radiasi

Apabila setelah menerapkan prinsip umum proteksi radiasi maka untuk lebih mengendalikan penerimaan dosis perlu diterapkan empat cara sebagai berikut :

1. Membatasi aktivitas sumber pada tingkat sekecil mungkin atau menggunakan berkas radiasi dengan intensitas serendah mungkin sesuai dengan pekerjaan yang akan dilaksanakan.
2. Pembatasan jangka waktu kerja agar Nilai Batas yang diizinkan tidak dilampaui.
3. Bekerja dalam jarak sejauh mungkin dari sumber radiasi.
4. Menggunakan perisai radiasi diantara sumber radiasi dengan tempat kerja.

Nilai Batas Dosis Radiasi.

Nilai Batas Dosis (NBD) yang ditetapkan dalam SK Dirjen BATAN No 03/160/DJ/1989 tentang ketentuan keselamatan kerja terhadap radiasi adalah penerimaan dosis yang tidak boleh dilampaui dalam setahun, tidak bergantung pada laju dosis, baik untuk dosis ekstena maupun interna. Dalam hal ini tidak termasuk penyinaran medis dan alam. Pekerja radiasi tidak boleh berumur kurang 18 tahun dan pekerja wanita dalam masa menyusui tidak diizinkan bertugas di daerah radiasi dengan resiko kontaminasi tinggi

1. Nilai batas dosis untuk penyinaran seluruh tubuh 50 mSv (5000 mRem) pertahun.
2. Nilai batas dosis untuk wanita dalam usia subur 13 mSv (1300 mRem) dalam jangka 13 minggu pada abdomen dan wanita hamil 10 mSv (1000 mRem) pada janin, terhitung sejak dinyatakan mengandung hingga saat bayi lahir.
3. Nilai batas dosis untuk penyinaran lokal adalah 500 mSv (50.000 mRem) dalam satu tahun telah ditetapkan pada nilai batas untuk :
 - a. Lensa mata 150 mSv. (15.000 mRem) setahun
 - b. Kulit 500 mSv (50.000 mRem) dalam setahun. Dalam hal kontaminasi radioaktif pada kulit diambil dosis rata-rata pada permukaan seluas 100 cm²
 - c. Tangan, lengan, kaki dan tungkai 500 mSv (50.000 mRem) setahun.
4. Pembatasan dosis untuk penyinaran khusus direncanakan. Hanya boleh dilakukan pekerja radiasi katagori A, dan telah mendapat izin dari Penguasa Instalasi Atom setempat dengan mempertimbangkan bahwa sudah tidak ada cara lain, usia dan kesehatan
 - a. Dua kali NBD
 - b. Lima kali NBD

Penyinaran khusus tersebut tidak boleh diberikan kepada pekerja radiasi apabila :

- Selama 12 bulan sebelumnya pernah menerima dosis lebih besar daripada NBD seluruh tubuh (dan usia subur).
 - Pernah menerima penyinaran akibat keadaan darurat atau kecelakaan sehingga jumlah dosis melebihi 5 x NBD untuk seluruh tubuh.
 - Wanita usia subur dan menolak.
5. Pembatasan dosis untuk anggota masyarakat umum untuk seluruh tubuh 5 mSv (500 mRem) dalam setahun (NBD pekerja radiasi). Demikian halnya untuk penyinaran lokal yaitu 50 mSv dalam setahun.
 6. Penyinaran anggota masyarakat secara keseluruhan.
 7. Setiap penguasa instansi atom harus menjamin kontribusi penyinaran yang

berasal dari instansinya kepada anggota masyarakat serendah mungkin dan harus dikaji ulang dan dilaporkan pada instansi yang berwenang, khususnya harus diperkirakan dosis genetik.

8. Nilai batas dosis dalam satu tahun untuk magang dan siswa yang harus menggunakan sumber radiasi :
 - Yang berusia di atas 18 tahun, sama dengan nilai batas dosis untuk pekerja radiasi.
 - Yang berusia antara 16 dan 18 tahun adalah 0.3 dari NBD untuk pekerja radiasi.
 - Yang berusia di bawah 16 tahun adalah 0.1 dari NBD untuk pekerja radiasi, dan tidak menerima dosis sebesar 0.001 dari NBD pekerja radiasi.

Peralatan Proteksi Radiasi

Untuk lebih meyakinkan bahwa tingkat radiasi dan banyaknya dosis yang diterima dimana kita bekerja maka untuk dapat mengetahuinya pekerja dalam melaksanakan pekerjaan di laboratorium maupun di lapangan diberikan perlengkapan alat pantau radiasi antara lain :

1. Surver meter
2. Film badge / TLD
3. Pelindung Pb

PEMBAHASAN

Berdasarkan contoh perhitungan dosis yang ditimbulkan sebesar 0.76 μ Sv/jam, dan jika bekerja di lokasi selama 10 jam perminggu maka dosis yang diperoleh dalam satu tahun sebesar 0.76 μ Sv/jam x 10 jam x 48 = 364.8 μ Sv = 0.3648 mSv. Sedangkan Nilai Batas Dosis yang diizinkan bagi pekerja radiasi adalah 50 mSv per tahun maka sisa dosis dalam satu tahun adalah 50 mSv - 0.364 mSv = 49.6352 mSv.

Maka sesuai ketentuan keselamatan, teknologi Nuklir kondisi ini sangat aman bagi pekerja radiasi maupun lingkungan.

KESIMPULAN

1. Paparan radiasi yang ditimbulkan dalam monitoring aus dan korosi dengan teknik TLA sangat kecil $< 1\%$ dari NBD yang diizinkan setahun.
2. Paparan radiasi selama iradiasi di Siklotron sangat aman karena peralatan tersebut telah dilengkapi dengan sistem *interlock* dan sistem pantau radiasi yang memadai aman bagi pekerja dan lingkungannya.
3. Lokasi kerja dimana tempat pengamatan dilakukan termasuk daerah pengawasan radiasi sangat rendah dimana dosis yang terjadi adalah $1 < D < 5$ mSv.

DAFTAR PUSTAKA

1. **SILAKHUDIN** "Instrumentasi dan Penggunaan Siklotron CS 30 BATAN. Buletin BATAN Tahun X No 2 April 1989
2. **SUWARNO WIRYOSIMIN** "Mengenal Asas Proteksi Radiasi". Penerbit ITB Bandung
3. **SADAN TENAGA ATOM NASIONAL PUSDIKLAT**, "Proteksi Radiasi Diklat Keahlian Dasar XIII. 1997.
4. **IAEA-TECDOC-924**. "The thin layer activation method and its application in industry.